第21講　遺伝暗号

■遺伝暗号の解明

…核酸の塩基配列からタンパク質のアミノ酸配列への情報変換の対応関係は，人工mRNAを翻訳する実験より確かめられた。

・ニーレンバークの実験

…ウラシルのみからなるmRNAを人工的に合成，リボソームやtRNA，アミノ酸などを含む大腸菌抽出液にて強制的に翻訳させた。

→フェニルアラニンのみからなるペプチドが合成された。

UUUUUUUUUUUU ⟹ [フェニルアラニン][フェニルアラニン][フェニルアラニン]…

・コラーナの実験

…ACの塩基配列を繰り返すmRNAを人工的に合成，ニーレンバークと同様な反応系で翻訳させた。

→トレオニンとヒスチジンが交互に結合したペプチドが合成された。

ACACACACACACAC ⟹ [トレオニン][ヒスチジン][トレオニン][ヒスチジン]…

…CAAの塩基配列を繰り返すmRNAを人工的に合成，ニーレンバークと同様な反応系で翻訳させた。

→グルタミンのみ，アスパラギンのみ，トレオニンのみからなる3種のペプチドが同頻度で合成された。

CAACAACAACAACAA ⟹
- [グルタミン][グルタミン][グルタミン]…
- [アスパラギン][アスパラギン][アスパラギン]…
- [トレオニン][トレオニン][トレオニン]…

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

■コドン表

…ニーレンバークやコラーナらによって，塩基配列とアミノ酸配列の対応関係が解明された。塩基とアミノ酸の対応関係は，一般的にmRNAの３つ組み塩基に対応するアミノ酸の形で表にまとめられている。

1番目の塩基	2番目の塩基 U	2番目の塩基 C	2番目の塩基 A	2番目の塩基 G	3番目の塩基
U	UUU フェニルアラニン(Phe)	UCU セリン(Ser)	UAU チロシン(Tyr)	UGU システイン(Cys)	U
U	UUC フェニルアラニン(Phe)	UCC セリン(Ser)	UAC チロシン(Tyr)	UGC システイン(Cys)	C
U	UUA ロイシン(Leu)	UCA セリン(Ser)	UAA 終止コドン	UGA 終止コドン	A
U	UUG ロイシン(Leu)	UCG セリン(Ser)	UAG 終止コドン	UGG トリプトファン(Trp)	G
C	CUU ロイシン(Leu)	CCU プロリン(Pro)	CAU ヒスチジン(His)	CGU アルギニン(Arg)	U
C	CUC ロイシン(Leu)	CCC プロリン(Pro)	CAC ヒスチジン(His)	CGC アルギニン(Arg)	C
C	CUA ロイシン(Leu)	CCA プロリン(Pro)	CAA グルタミン(Gin)	CGA アルギニン(Arg)	A
C	CUG ロイシン(Leu)	CCG プロリン(Pro)	CAG グルタミン(Gin)	CGG アルギニン(Arg)	G
A	AUU イソロイシン(Ile)	ACU トレオニン(Thr)	AAU アスパラギン(Asn)	AGU セリン(Ser)	U
A	AUC イソロイシン(Ile)	ACC トレオニン(Thr)	AAC アスパラギン(Asn)	AGC セリン(Ser)	C
A	AUA イソロイシン(Ile)	ACA トレオニン(Thr)	AAA リシン(Lys)	AGA アルギニン(Arg)	A
A	AUG メチオニン(Met) 開始コドン	ACG トレオニン(Thr)	AAG リシン(Lys)	AGG アルギニン(Arg)	G
G	GUU バリン(Val)	GCU アラニン(Ala)	GAU アスパラギン酸(Asp)	GGU グリシン(Gly)	U
G	GUC バリン(Val)	GCC アラニン(Ala)	GAC アスパラギン酸(Asp)	GGC グリシン(Gly)	C
G	GUA バリン(Val)	GCA アラニン(Ala)	GAA グルタミン酸(Glu)	GGA グリシン(Gly)	A
G	GUG バリン(Val)	GCG アラニン(Ala)	GAG グルタミン酸(Glu)	GGG グリシン(Gly)	G

- AUGは開始コドン(メチオニン指定)
- UAA，UAG，UGAは終止コドン(ナンセンスコドン)
- コドンは4^3＝64通り，指定すべき情報はアミノ酸20種類＋終止の21種類
  →複数のコドンが同じアミノ酸を指定する場合がある。
  最大６種のコドンが同じアミノ酸を指定(ロイシン，セリン，アルギニン)
  １種のコドンでしか指定されないアミノ酸もある。(メチオニン，トリプトファン)

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第21講　演習問題

タンパク質は，遺伝子から転写，翻訳の過程を経てつくられる。①翻訳に必要なすべての因子を含んだ液を大腸菌から抽出した（大腸菌抽出液）。この抽出液に伝令RNAを加えると，表１に示される遺伝暗号表に従って，伝令RNAの配列がアミノ酸配列に翻訳される。このような大腸菌抽出液を利用して以下の実験を行った。

表１　遺伝暗号表

第1番目の塩基	第2番目の塩基：ウラシル(U)	シトシン(C)	アデニン(A)	グアニン(G)
U	UUU, UUC：フェニルアラニン UUA, UUG：ロイシン	UCU, UCC, UCA, UCG：セリン	UAU, UAC：チロシン UAA, UAG：（終止）	UGU, UGC：システイン UGA：（終止） UGG：トリプトファン
C	CUU, CUC, CUA, CUG：ロイシン	CCU, CCC, CCA, CCG：プロリン	CAU, CAC：ヒスチジン CAA, CAG：グルタミン	CGU, CGC, CGA, CGG：アルギニン
A	AUU, AUC, AUA：イソロイシン AUG：メチオニン	ACU, ACC, ACA, ACG：トレオニン	AAU, AAC：アスパラギン AAA, AAG：リシン	AGU, AGC：セリン AGA, AGG：アルギニン
G	GUU, GUC, GUA, GUG：バリン	GCU, GCC, GCA, GCG：アラニン	GAU, GAC：アスパラギン酸 GAA, GAG：グルタミン酸	GGU, GGC, GGA, GGG：グリシン

〔実験１〕　アデニン(A)とシトシン(C)が１：１の割合で含まれる伝令RNAを人工的につくった。この人工伝令RNAを大腸菌抽出液に加えてタンパク質合成させたところ，次の表２のようなアミノ酸組成をもったタンパク質が得られた。

表２　〔実験１〕で得られたタンパク質のアミノ酸組成

アミノ酸	組成（%）
アスパラギン	12.5
グルタミン	12.5
トレオニン	25.0
ヒスチジン	12.5
プロリン	25.0
リシン	12.5
その他	0
合　計	100

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

〔実験２〕　アデニン(A)とシトシン(C)が４：１の割合で含まれる伝令RNAを人工的につくった。この人工伝令RNAを大腸菌抽出液に加えてタンパク質合成させたところ，下の表３のようなアミノ酸組成をもったタンパク質が得られた。

表３　〔実験２〕で得られたタンパク質のアミノ酸組成

アミノ酸	組成（%）
アスパラギン	(a)
グルタミン	12.8
トレオニン	16.0
ヒスチジン	(b)
プロリン	4.0
リシン	51.2
その他	0
合　計	100

〔実験3〕　アデニン(A)とウラシル(U)が１：１の割合で含まれる伝令RNAを人工的につくり，この人工伝令RNAを大腸菌抽出液に加えてタンパク質を合成させた。このタンパク質を〔実験１〕でつくらせたタンパク質と比較したところ，タンパク質１分子に含まれるアミノ酸の数が少なくなっていた。

問１　下線①について，伝令RNAの翻訳に必要な因子を二つあげ（伝令RNAは含めない），それぞれの役割を説明しなさい。

問２　〔実験１〕の結果について，アミノ酸組成に占めるトレオニンとプロリンの割合は，他の４種のアミノ酸の２倍になっている。その理由を説明しなさい。

問３　〔実験２〕の結果について，表３の(　a　)と(　b　)に入るべき数値を，小数点以下１桁の数値（小数点以下２桁目は四捨五入）で答えなさい。

問４　〔実験３〕の結果について，アミノ酸の数が少なくなった理由を説明しなさい。

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第21講　確認テスト

DNAの遺伝情報とその発現に関する次の設問に答えなさい。必要があれば下記の遺伝暗号表を参照しなさい。

1番目の塩基	2番目の塩基 U		2番目の塩基 C		2番目の塩基 A		2番目の塩基 G		3番目の塩基
U	UUU	フェニルアラニン	UCU	セリン	UAU	チロシン	UGU	システイン	U
	UUC		UCC		UAC		UGC		C
	UUA	ロイシン	UCA		UAA	終止	UGA	終止	A
	UUG		UCG		UAG		UGG	トリプトファン	G
C	CUU	ロイシン	CCU	プロリン	CAU	ヒスチジン	CGU	アルギニン	U
	CUC		CCC		CAC		CGC		C
	CUA		CCA		CAA	グルタミン	CGA		A
	CUG		CCG		CAG		CGG		G
A	AUU	イソロイシン	ACU	トレオニン	AAU	アスパラギン	AGU	セリン	U
	AUC		ACC		AAC		AGC		C
	AUA		ACA		AAA	リシン	AGA	アルギニン	A
	AUG	メチオニン	ACG		AAG		AGG		G
G	GUU	バリン	GCU	アラニン	GAU	アスパラギン酸	GGU	グリシン	U
	GUC		GCC		GAC		GGC		C
	GUA		GCA		GAA	グルタミン酸	GGA		A
	GUG		GCG		GAG		GGG		G

問１　遺伝暗号は，合成した伝令RNA(mRNA)を用いて，試験管内でポリペプチド(タンパク質)を合成させる以下のような実験１～３によって明らかにされた。なお，合成mRNAを用いて試験管内でポリペプチドを合成させる場合には，mRNAのどの塩基からでもタンパク質の合成が開始される。実験１～３に関して次の問いに答えなさい。

実験１　AとCが交互に並んだ合成mRNAを用いてポリペプチドを合成した。

実験２　CAAの繰り返しからなる合成mRNAを用いてポリペプチドを合成した。

実験３　CとAを３：１の割合で含み，CとAの並び方がランダムである合成mRNAを用いてポリペプチドを合成した。

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

⑴　実験１と実験２でつくられたポリペプチドには，共通したアミノ酸が１つ含まれていた。そのアミノ酸は何ですか。次の中から1つ選びなさい。

①　アラニン	②　バリン
③　ロイシン	④　イソロイシン
⑤　プロリン	⑥　フェニルアラニン
⑦　トリプトファン	⑧　メチオニン
⑨　グリシン	⑩　セリン
⑪　トレオニン	⑫　システイン
⑬　チロシン	⑭　アスパラギン
⑮　グルタミン	⑯　アスパラギン酸
⑰　グルタミン酸	⑱　リシン
⑲　ヒスチジン	⑳　アルギニン

⑵　実験３でつくられたポリペプチドには全部で何種類のアミノ酸が含まれていたと考えられますか。①～⑥の中から１つ選びなさい。

①　3種類　　②　4種類　　③　5種類　　④　6種類
⑤　7種類　　⑥　8種類

⑶　実験３でつくられたポリペプチドに最も多く含まれるアミノ酸は，アミノ酸全体の何％含まれていたと考えられますか。小数第１位を四捨五入して答えなさい。

問２　運搬RNA（tRNA）について，①～⑤の中から**間違っているもの**を１つ選びなさい。

①　tRNAは1本鎖のRNA分子が折りたたまれたものである。
②　タンパク質合成を停止させるはたらきをする終止コドンには，それに対応するtRNAが存在しない。
③　tRNAはリボソームで翻訳されることでその機能を発揮する。
④　tRNAはmRNAのコドンと，それが表すアミノ酸を対応させる役割をする。
⑤　tRNAのアンチコドンは，mRNA合成の鋳型となったDNA鎖の塩基配列のTがUに変わったものである。

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第21講　演習問題

問１

・リボソーム

役割…mRNAと結合して翻訳の場となり，tRNAの運んできたアミノ酸同士をペプチド結合でつないでいく。

・運搬RNA［tRNA］

役割…アミノ酸と結合してリボソームまでアミノ酸を運搬する。アンチコドンでmRNAのコドンと相補的な結合を形成し，塩基配列からアミノ酸配列への遺伝情報の変換を行う。

問２　AとCで構成される遺伝暗号全８種類のうち，他の４種アミノ酸が１種類ずつなのに対し，トレオニンとプロリンは２種類存在するため。

問３　a　12.8　　b　3.2

問４　UAAが終止コドンとして働くため，ペプチドへの翻訳が途中で終わるから。

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第21講　確認テスト

問１　(1)　⑪　　(2)　④　　(3)　56％
問２　③

【解説】

問１

(1)　実験１では，コドン(遺伝暗号)ACAとコドンCACが交互に連続することになる。遺伝暗号表より，このmRNAが翻訳された場合，トレオニンとヒスチジンが交互に結合したペプチド鎖が合成される。実験２では翻訳の開始位置に応じて，コドンCAAが連続するmRNA，コドンACAが連続するmRNA，コドンAACが連続するmRNAの３種類があらわれ，それぞれグルタミンのみが結合したペプチド，トレオニンのみが結合したペプチド，アスパラギンが結合したペプチドに翻訳される。ゆえに実験１，実験２で共通したアミノ酸は⑪トレオニンとなる。

(2)　実験３ではコドンがCとAのみで構成されることから，起こり得るコドンとしてCCC，CCA，CAC，ACC，CAA，ACA，AAC，AAAの８種類が考えられる。遺伝暗号表より，それぞれのコドンで指定されるアミノ酸は，プロリン(CCC，CCA)，ヒスチジン(CAC)，トレオニン(ACC，ACA)，グルタミン(CAA)，アスパラギン(AAC)，リシン(AAA)の６種類となる。ゆえに④が正解となる。

(3)　CとAを３：１の割合で含んだmRNAでランダムにコドンが読まれた場合，最も発生確率が高いコドンはCCCであり，その確率は$\left(\frac{3}{4}\right)^3=\frac{27}{64}$となる。また，CCCと同じプロリンを指定するコドンCCAの発生確率は，$\left(\frac{3}{4}\right)^2\times\frac{1}{4}=\frac{9}{64}$であり，合わせて$\frac{36}{64}=\frac{9}{16}$の確率でプロリンが指定されると考えられる。ゆえに，$\frac{9}{16}\times 100 = 56.25$となり，56％が答えとなる。

問２　tRNAやrRNAは，DNAから転写された状態で細胞質に存在し，翻訳されないまま機能する。ゆえに③が間違った内容となる。①について，tRNAは一本鎖で分子内で水素結合を形成し特異的な立体構造をなす。②について，終止コドンで翻訳が終了するのは，対応するtRNAが存在しないからである。④について，tRNAはコドンに対応したアンチコドンと，そのアンチコドンに対応したアミノ酸との結合部を持つことで，塩基配列からアミノ酸配列への情報の変換を行っている。それぞれ正しい内容となる。

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。